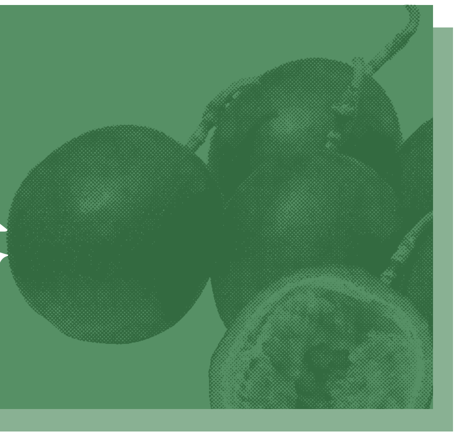

設施栽培百香果可行性評估

吳錫家[1]、張嘉宏[2]、張庚鵬[2]/ 農業試驗所 農場管理組[1]、 農業化學組[2]
hsicwu@tari.gov.tw

摘要

百香果屬西番蓮科(*Passifloraceae*)西番蓮屬(*Passiflora*)多年生蔓性植物，由於果實風味豐富，廣受消費者喜好，除了當作果汁原料，近年來鮮食用果品也成為市場上的新寵。臺灣百香果主要栽培品種為‘台農1號’，根據107年農情報告資源網資料顯示，年栽培面積約750公頃，主要產地為南投縣埔里鎮。由於目前百香果主要栽培模式採露天栽培，易受到病毒病、土壤病害及氣象因子影響，使得百香果產量與品質不穩定，進而影響市場供應情形。近年來設施栽培逐漸被農友所接受，除了應用於花卉生產，蔬果栽培也有採用設施生產的趨勢。因設施具有部分屏蔽效果，若能配合栽培技術調整，具有改善農產品品質之潛力，更有機會提供安全穩定生產的環境。本研究採用強固型溫室，面積約0.1公頃，進行百香果栽培驗證，藉由整合設施栽培相關技術，包括設施設計、栽培空間配置、微霧噴霧系統、水養份供應系統、土壤管理、遠端監控系統、花期調整、病蟲害管理等，以促成百香果反季節生產，本期作生產期為4-6月，採收時間約2個月，總收量為1,817.5公斤，平均單果重68.6公克，平均糖度16.5°Brix。由此可知，設施在百香果栽培上具有應用上的潛力，然而若要採用設施栽培，仍應考量設施栽培成本較高，如何與露天栽培的百香果市場做區隔，才能發揮設施生產效益。

關鍵字：百香果、設施栽培、病毒病

內容

一、百香果生產概況

百香果(passion fruit)具有豐富的風味，不論鮮食或製成果汁，均已成為消費者喜愛的酸甜滋味。百香果原產於南美洲，為西番蓮屬(*Passiflora*)半木本之蔓性多年生作物，種類相當多元，除了少數可供食用，大多數為觀賞用或供作其他用途，然而其中有2種可食用的普遍被栽培於世界各地，分別為紫百香果(*P. edulis* Sims *F. edulis*)和黃百香果(*P. edulis* Sims *F. flavicarpa* Deg.)，適合種植於亞熱帶及熱帶地區，另外還有這兩種百香果的雜交後代。

我國百香果的栽培歷史可溯源至日治時代所引進的紫百香果，其間因食味性及飲食習慣的落差，當時未受消費者青睞，直到鳳山熱帶園藝試驗分所在70年代進行百香果品種改良工作，育成百香果‘台農1號’，並於民國70正式推廣，才受到消費市場的重視，在民國74年間，栽培面積達1200公頃以上。百香果‘台農1號’具有果實大、產量高、果皮顏色鮮艷、果肉糖酸協和、風味佳等優點，因此推廣至今雖然已超過37年，仍是消費主流栽培品種，即使近年市場上可見的高糖度滿天星等品種，仍然無法超越‘台農1號’的市占率。

根據107年農情報告資源網資料顯示，百香果全台栽培面積約750公頃，其中南投縣埔里鎮佔530公頃(70%)，其他地方則均未超過10公頃，屬於栽培相當集中的產業，無形中埔里已成為百香果的生產專區。然而這種集中產區的作物生產體系具有專區管理上的優勢，無論在生產資訊、資材及技術的流通上，或是行銷通路布局上，均有利於形成百香果專業區的契機；但是集中生產卻也衍生出另一個重要的問題，由於百香果為露天栽培，這樣的作物生長環境卻是有利於病蟲害傳播的溫床，一旦有部分或少數區域發生病蟲害，就有可能快速傳遞出去，造成整個生產區的浩劫，進而使得農民損失嚴重，令人不得不正視這個潛在的危機。以70年間開始推廣百香果生產為例，在短短數年間即因病毒病的問題，嚴重影響產量與品質，造成果實畸形，抑制植株生長勢，因而嚴重打擊該產業的發展。而後經農業試驗所病理專家協助，分別從防堵及進攻兩大策略著手，改變百香果多年生的生產模式，建立百香果健康種苗繁殖系統，配合每年更新種苗，全生產區清園等措施，終於有效控制病毒病的危害，也奠定百香果現今的生產模式。

百香果開花習性亦為果實生產之重要性狀，根據觀察，‘台農1號’在長日照及溫暖季節時，有助於花芽形成，然而當秋末日照時間變短、溫度降低時，則不容易開花。加上配合產區清園防治病害策略之實施，使得百香果產期集中在夏季，而冬季及春季初期，則幾乎無百香果果實可提供市場銷售。由107年農產品交易市場行情站資料顯示，百香果產期大約自7月至11月，市場交易量超過400公噸，平均價格為28.6-57.9元/公斤；每年3月至5月則為百香果的空窗期，平均交易價最高可達187.3元/公斤(圖1)。

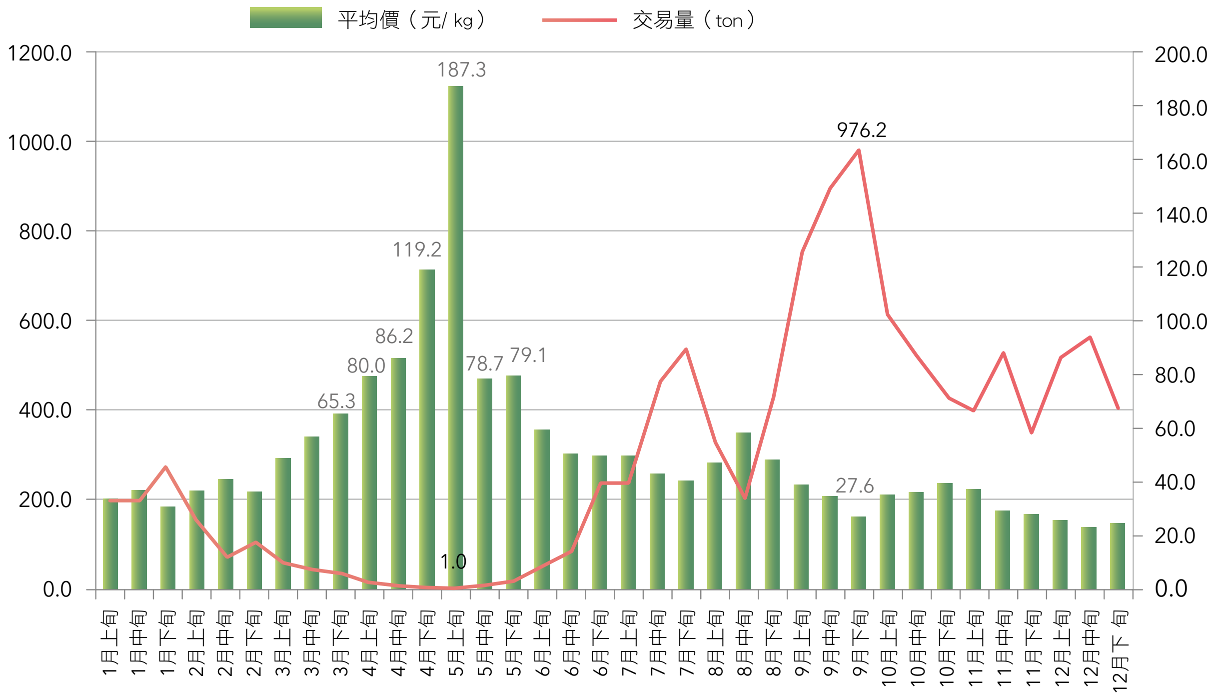

圖1、107年百香果(改良種)產銷情形(資料來源：農產品交易市場行情站)。

近十年來設施栽培已逐漸被應用於高經濟價值之蔬果生產上，藉由具防護效果的設計，以及精緻管理技術的導入，不但提供作物較穩定的生長環境，同時也提升蔬果產品的品質，因此利用設施生產具高經濟價值蔬果將成為未來產業的趨勢之一。若能應用設施生產百香果，則可有效發揮設施防護效果，隔離病蟲害侵襲，有可能降低露天栽培的風險，避免病毒病的大發生。再則，依據Nave *et al.* (2010)研究報告指出，百香果開花會受到環境的影響，藉由調節光週期，可調整百香果開花時間，以進行周年生產計畫。因此，農業試驗所為開創百香果生產新模式，導入設施栽培技術，並配合植株栽培管理技術，以建立設施百香果周年生產模式，同時評估設施栽培之可行性，以期提供將來設施栽培之選擇。

二、設施栽培技術之應用與驗證

由於設施栽培技術較為精緻，需涵蓋硬體設計及軟體技術整合應用，為因應新農業時代的來臨，農業試驗所於106年建構整合型溫室設施，可應用於作物系統性栽培技術之驗證與修正，並透過實地示範，提供農民溫室設施栽培之全方位解決方案，加速產研銜接，並可發揮設施栽培示範功能，為未來技術推廣之新模式。針對百香果栽培設施結構與設備，以及空間設計等，說明如下：

(一)設施類型的選擇

由於設施類型具有多元選擇，考量設施建造成本、維護營運操作難易度，以及作物生長所需環境條件，本所以行政院農業委員會公告圖樣，提出下列3種設施類型，應具有應用於設施百香果栽培之潛力。

1.圓頂力霸塑膠型溫室(UTP)

本類型設施具基礎結構，使用力霸樑做為溫室的主要結構，整體結構機械性質較優良穩固，在同樣的抗風級數設計下，UTP溫室相較於其他溫室類型，能建造出較大的跨距及較高的柱高，可使溫室空間中作物行距的安排相對較不受限，同時較高的溫室也有助於自然通風。然而，此類型的溫室的造價成本較高，但在環控設備的擴充、增設靈活度較高。

2.圓頂塑膠型溫室(UBP)

本類型設施具基礎結構，採用方管類的管件做為跨樑，在結構力學性質小於UTP之強度，因此在相同的抗風級數設定下跨距及柱高均較UTP型式低，但若設計完善，尚可以較低的架構成本，滿足一定等級的抗風需求。

3.簡易溫室(UP)

本類型設施不具基礎結構，以鋁鋅鋼管為主要的搭設材料，鋁鋅鋼管間距為50公分，直接插入土中深度50公分，無RC固定基礎。在建造成本較UTP及UBP型式為低，相對的結構強度也會較為薄弱。以設施內空間配置來看，由於百香果栽培需要建置攀爬棚架，但受限於UP設施的跨距及柱高，使得內部空間較為狹小，整體空間的應用有較多限制。

百香果於溫室內栽培可能採用多年生，考量臺灣地處颱風高風險區，因此溫室設計的結構強度及完整性必須多加評估，以因應颱風豪雨的考驗。由於溫室使用年限更直接影響百香果的生產，參考上述三類溫室，為行政院農業委員會公布之標準圖，對於該設施設計皆有其相對應的規範。因此，建議農友在選用溫室類型時，除了考量建構成本，也需考慮作物栽培模式，以選定具備適宜栽培空間之類型。

(二)建造溫室之相關配套的建設-以農試所示範溫室為例

溫室設計規劃應採全方位方案，包括設施周邊大地工程、其他配套設施設計、結構及空間配置、節能通風設計、作物栽培系統及智能環境監控系統等。本文以農業試驗所

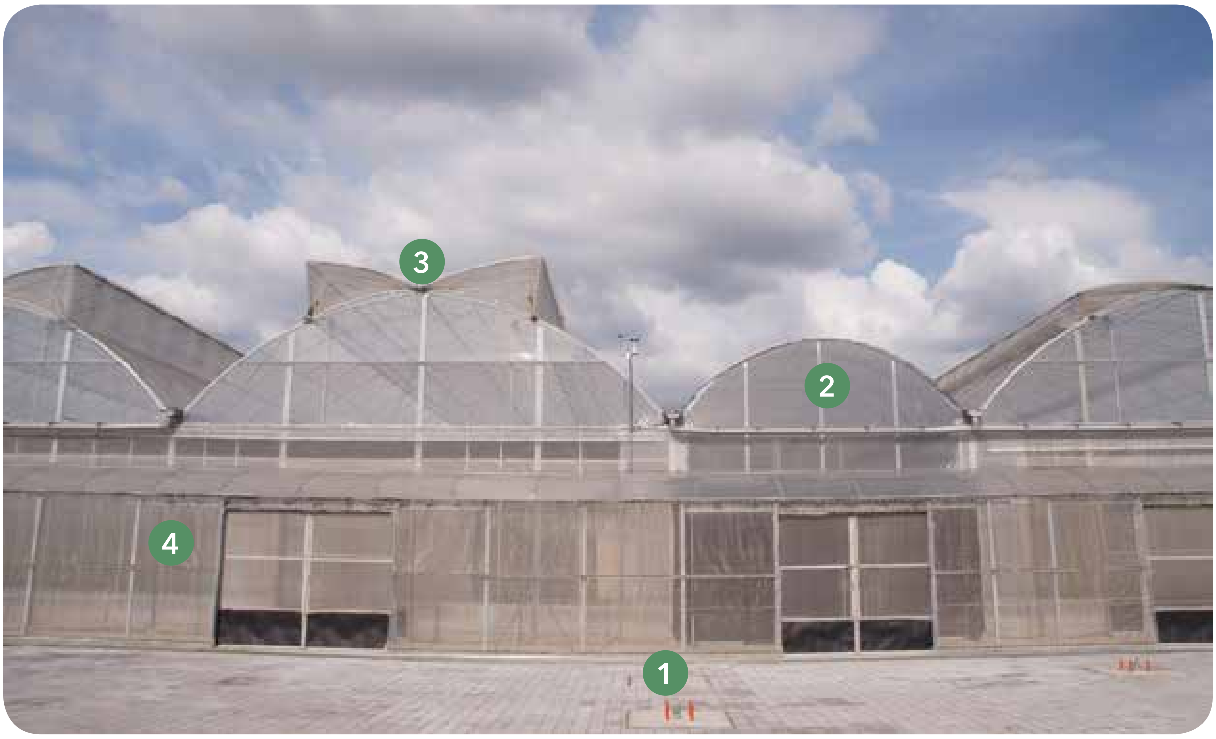

圖 2、採用圓頂塑膠布溫室 (UBP) 栽培百香果
①四周環溝②周邊配套設施 (水養液系統工作區) ③鷗翼式天窗④雙重網及防蟲走道

之示範溫室(面積約0.1公頃)為例(圖2)，分享示範溫室區的規劃設計建造內容，以提供農友參考採用，說明如下：

1.設施周邊大地工程：

由於本溫室採土耕栽培，內部最忌淹水，以免造成作物受損。藉由妥善的排水設計，如溫室周邊環溝排水，將可有效阻隔外部水源漫淹進來。另外，應設置設施屋頂集水槽，透過集水裝置可將雨水引導至排水溝，或是進行雨水回收利用，提供其他非作物栽培使用，但須注意回收的雨水若未經適當過濾殺菌處理，不建議直接使用於作物栽培灌溉用水。為驅動本溫室運轉所需之基本設備，溫室區內應設有三相220V及110V電源，以供應設施內機械設備使用。另外田區若有2棟以上的溫室，需考量溫室間的棟距間隔，可提高通風性，避免互相遮蔭，同時也可做為病蟲害之隔離帶，減少病蟲傳播。

2.設施周邊配套設施：

為提供溫室內所使用的資材、機械、器具等置放空間，建置操控區(供水馬達、控制箱與水塔等)、資材室及初級農產品處理區。主要功能為儲備溫室區安全用水量、養液或藥劑配置場地、肥料、藥品、資材及中小型機械儲藏，另外需有農產品採收後處理環境，可做為理貨及包裝場地。

3.溫室設計：

(1)結構設計：本溫室屬三連棟加強型溫室，具固定基礎，寬28.8公尺(單跨距9.6公尺)、長36公尺、高6.3公尺(集水槽處高4公尺)，結構以方型管搭設，支柱間距4公尺，輔以剪力牆設計以強化溫室結構，溫室四周女兒牆高40公分(兼具防鼠作用)，可避免淹水灌入溫室內，溫室內設置具有防鼠作用之排水導管。

(2)鷗翼式天窗：本溫室以自然通風原則，屋頂採雙邊鷗翼式天窗，可引導積熱由天窗排出，天窗開口位置依風向開啟，順風向由側邊捲揚進入溫室，依風去向由天窗排出熱空氣，天窗開口處應設防蟲網(約16目)，以避免昆蟲飛入。鷗翼式天窗建置成本雖然較捲軸式天窗高，但具有結構強度高、抗風性強、開啟與關閉速度快等優勢。

(3)雙層側捲揚：此為自然通風之另一設計，溫室側邊高度超過3.5公尺時(本溫室為4公尺)，建議採用上下兩層捲揚，上下層捲揚分配高度比例約1：3，有利於溫室作物栽培時搭配捲揚調整的靈活運用，對於溫室內部保溫、對流通風、換氣等均有較具彈性之操作方式。

(4)防蟲設計：利用雙重隔離網及防蟲走道，避免昆蟲進入溫室，溫室四周防蟲網以50目為原則，但考量自然通風問題，可依實際需求選用網目較疏之防蟲網。另一方面於溫室入口處，採暗室設計來設置防蟲走道，更可減少蟲害直接侵襲的機率。

(5)溫室內部空間配置：由於本溫室採自然通風設計，應特別注重設施內空間配置，原則以寬行密植方式規劃，不但有助於通風，也可維持設施產能。溫室內的前操作區寬約3公尺，有利於人員機具操作進出作業，也可提供機械操作空間與相關用具置放(例如授粉蜂)，溫室內後方要留2公尺的機具迴轉區，以提供工作人員及機具的迴轉換行作業；作物栽培區寬度約50-60公分採密植栽培，操作走道建議寬度150公分以上(圖3)。

圖 3、寬行 (左) 密植 (右) 以提高自然通風效果及兼具溫室產能

4.設施栽培設備：

(1)栽培棚架：溫室內採用土耕立體栽培，設計多功能立體栽培棚架，可應用於多種作物栽培使用，為充分發揮設施空間產能，以雙側直立式棚架，高度約190-200公分，配合寬度約18公分攀爬網；上方水平棚架高度約190-200公分，水平網格大小約30×40公分，方便工作人員作業與操作人工授粉。

(2)水養液控制系統：全園採自動供給水養液系統，以少量多次的方式供應，預估每天所需水養液為2公噸，搭配使用水養液供給壓力流量及電導度監測，以達精準控制之目的，僅於作物生長區域給水，可節省肥料用量約2/3，避免溫室內土壤鹽積發生。

圖 4、控制系統 (包括溫室設備控制及水養液控制)

圖 5、溫室智能管理系統 (包括環境參數收集及遠端程控功能)

(3)環境監測感知系統：為收集監測溫室內外環境參數，分別設置外部氣象站及內部環境感測設備，以作為溫室管理策略之依據。外部氣象站除了收集環境資料，亦為天窗與側捲揚調控之根據，應包括溫、溼度感知器、光量子計、風速傳感器、風向傳感器及雨知感測器。而內部環境監測感測器主要為收集環境資料，同時也是溫室管理狀況之參考參數，應包括室內溫、溼度感知器、光量子計，土壤溫度、介質電導度及土壤水分含量計等。

(4)遠端程控系統：本溫室結合智能管理系統(圖4及圖5)，除了可以監控與收集溫室內外環境參數，並可透過電子裝置遠端控制天窗、四邊捲揚、內循環風扇、內遮陰網、水養液控制系統、微霧噴霧系統之運作，同時提供異常即時回報手機警訊，降低控制系統異常造成作物栽培的風險。

三、設施百香果栽培技術可行性評估

現行百香果栽培模式大多採露天水平棚架，栽培期為每年2月至當年12月，採每年全面清園並更新種苗。栽培時間為2月間定植嫁接種苗，待植株攀爬上架後，4月下旬開始開花結果，6月底即可開始採收，主要產期為7-12月。考量設施栽培應較露天栽培具有較佳經濟效益，開發百香果計畫生產技術，以達周年均可生產高品質百香果之目的。本所以驗證溫室為試驗場域，面積約0.1公頃，於106年8月30日定植百香果‘台農1號’嫁接苗，定植株數為90株，與露天慣行法的栽培株數相符合。由於百香果‘台農1號’對光周期敏感，短日照下植株幾乎無花芽形成，經調整補救日照時間不足的障礙，本試驗成功誘導花芽形成，自107年4月27日開始採收，並於107年7月6日結束收穫，以評估設施內百香果反季節栽培之可行性(圖6)。

設施百香果栽培曆

年	106															107																				
月	8			9			10			11			12			1			2			3			4			5			6			7		
旬	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下

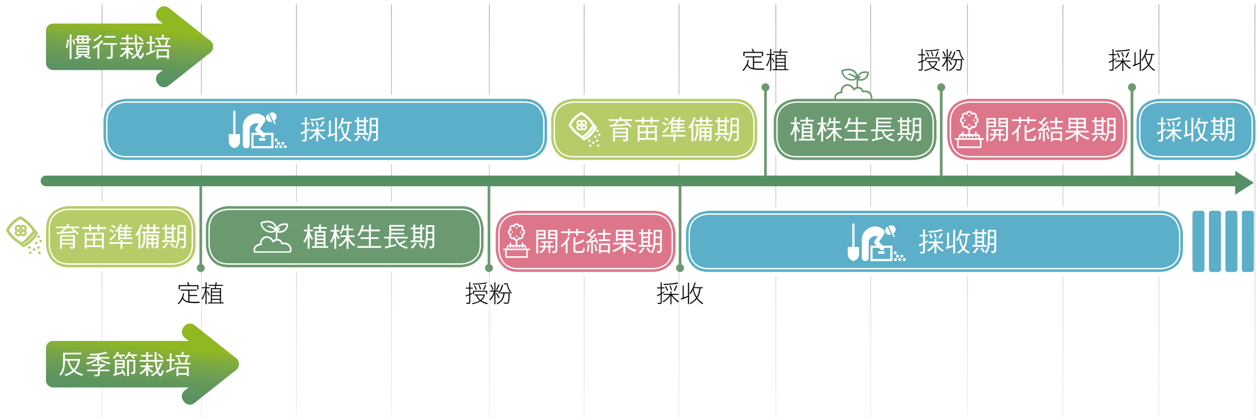

圖6、設施百香果慣行法和反季節生產之栽培曆

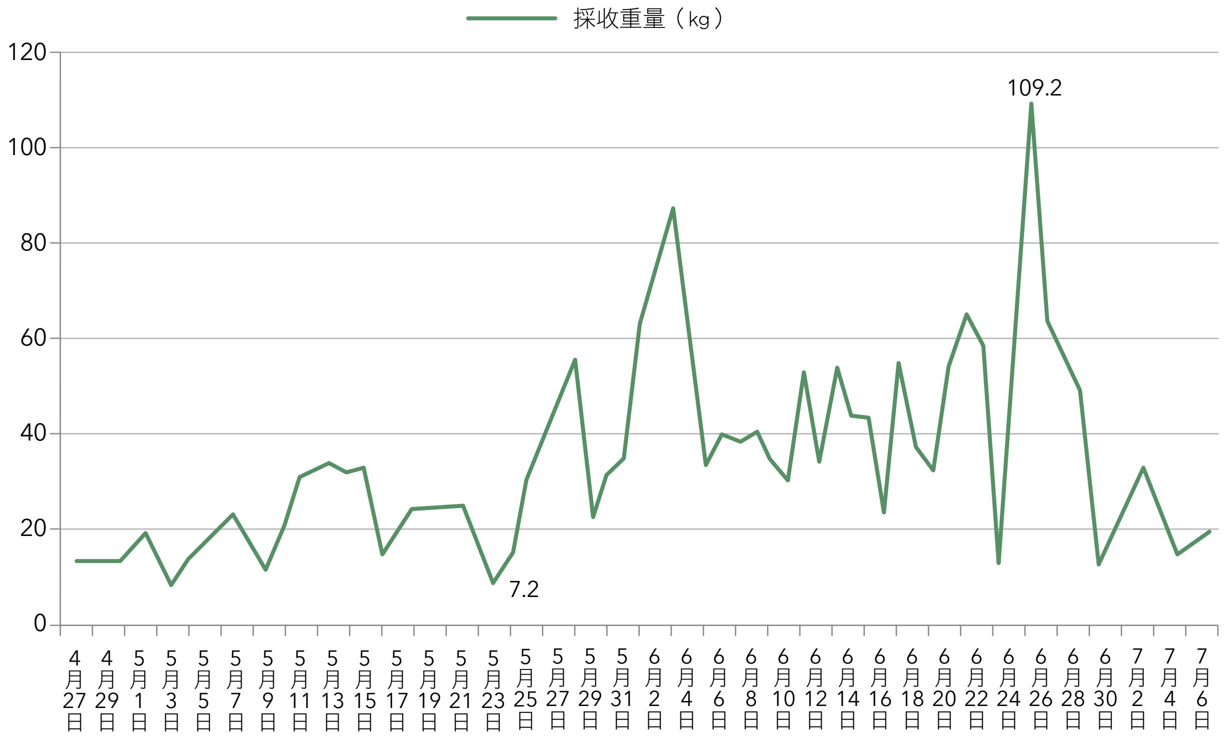

圖7、百香果果實採收情形(自107年4月27日至7月6日，每週採收3次)。

為了解設施內百香果生產情形，本試驗自107年4月27日開始調查採收情形，每週採收3次，每次調查總收量，至107年7月6日止，共調查70天。根據調查數據顯示，總採收量為1817.5公斤，單日採收量最少為7.2公斤，最多為109.2公斤，開始採收初期(第1個月)與採收後期(最後1週)的果實產量大多未超過30公斤，然而採收期間的產量高峰(以當日採收量超過50公斤為原則)，主要落在5月25日至6月28日，佔總產量75%左右。對照比較拍賣市場交易量，5月下旬至6月下旬僅佔全年的3.7% (圖7)。因此採用設施栽培，生產反季節百香果，配合相對應的配套措施，應具有市場發展潛力。

為評估設施栽培百香果之果實品質，本試驗自107年5月4日至6月21日止，每日逢機採收20個百香果果實，調查單果重量及果實糖度，連續調查30日。根據調查資料，平均單果重約68.6公克、平均糖度約16.5°Brix；單日的平均果重最高為85.6公克(5月25日)、最低為61.2公克(6月14日)、單日最高平均糖度為17.6°Brix(6月14日)、最低為15.4°Brix (5月8日與5月14日) (圖8)。整體而言，果實大小與果實糖度無明顯相關性，以設施生產的百香果果實品質相對穩定，無論單果重量，或是果實糖度，都有相當程度的一致性趨勢。

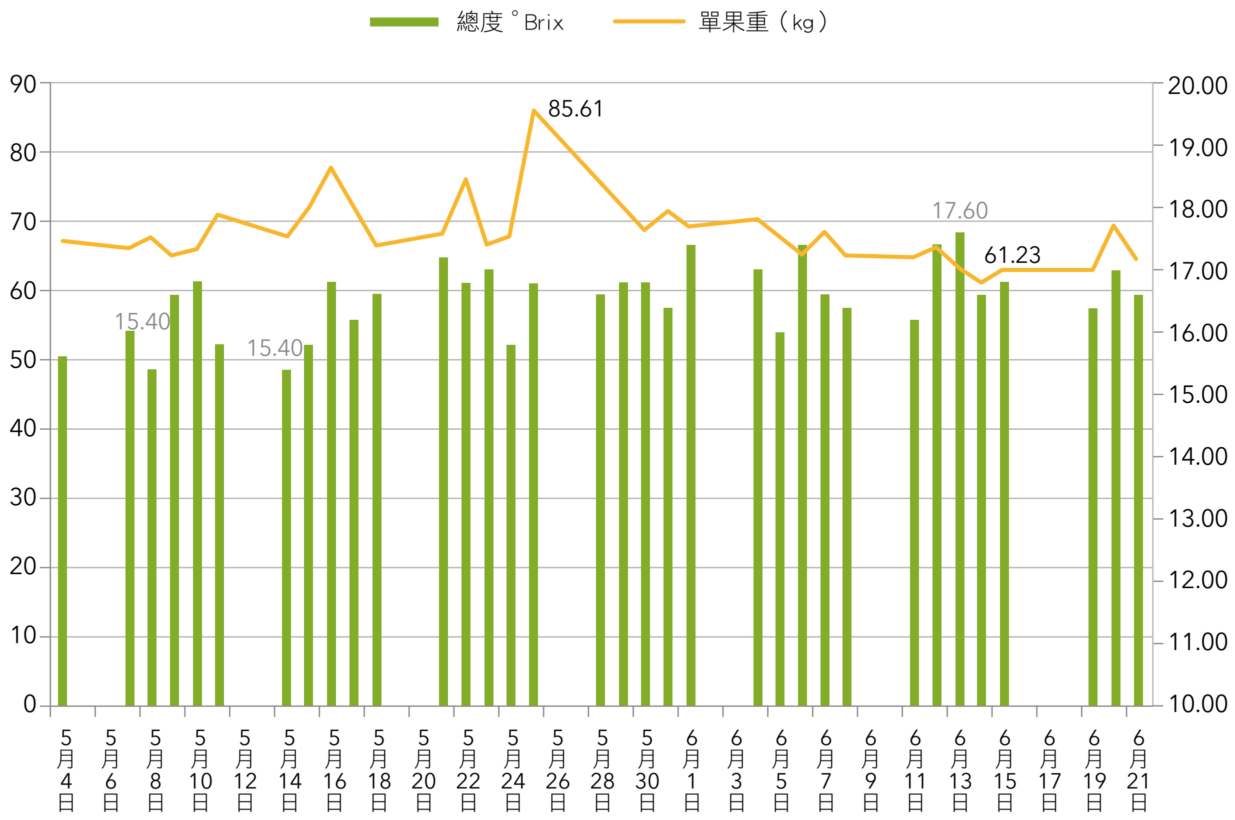

圖8、百香果果實平均單果重量及平均糖度(自107年5月4日至6月21日，每日逢機取20個果實，連續調查34日)。

表1、百香果果實分級情形 (自107年6月6日至6月13日，分別調查6日的果實數量及單果重)

調查日期	A級(70 g以上)[z]			B級(69 g以下)		
	粒數	平均單果重(Kg)	比率 (%)	粒數	平均單果重 (Kg)	比率 (%)
6月6日	94	70.2	13.8	585	53.3	86.2
6月7日	195	70.8	33.2	393	51.9	66.8
6月8日	125	84.5	20.1	497	51.9	79.9
6月11日	137	72.3	17.8	633	57.8	82.2
6月12日	68	79.4	14.2	412	58.3	85.8
6月13日	81	78.5	10.8	666	58.6	89.2
平均	**117**	**78.0**	**18.0**	**531**	**55.3**	**82.0**

Z，調查期間，每日調查當日採收之果實粒樹及單果重，在依果實重量分為A級(70 g以上)與B級(69 g以下)。

為了進一步評估設施栽培百香果果實品質，本試驗依果實大小分為A(單果重70公克以上)、B(單果重69公克以下)兩級，調查6月6日至6月13日單日採收果實重量，平均單日總採收量為648粒，其中A級果的產量約佔單日總收量的18%，平均重量為78.0公克，而B級果的產量約佔單日總收量的82%，平均重量則為55.3公克(表1)。因此整體而言，採用設施生產的百香果，每日採收的果實品質亦相對穩定。

結語

利用設施生產具高經濟價值蔬果將成為未來產業的趨勢之一，藉由具防護效果的設計，以及精緻管理技術的導入，不但提供作物較穩定的生長環境，同時也提升蔬果產品的品質。農業試驗所整合溫室栽培相關軟硬體技術，並以量產型生產溫室規格，進行百香果設施生產體系及其配套管理技術驗證，根據本期驗證試驗結果顯示，設施百香果於冬季至翌年春季生產，於技術面確實可行(圖9)。

然而設施栽培若要實際應用於產業上，應考量成本與效益，由於臺灣位處颱風侵襲的高風險區，若要平衡設施的強固性需求及減少硬體成本的投入，可參考本所設計之結構型鋼骨溫室，屬半密閉型設施，適合熱帶及亞熱帶地區，在正常操作下，可抗11級颱風；為考量降低溫室建造成本，採用自然通風設計，以減少溫室內溫控設備使用，可降低能源投入，並設計人機介面之控制系統，讓農友易於操作管理。

有關設施栽培應用於百香果生產上的優勢，由於溫室具有隔離效果，可減少部分病蟲害侵襲，也可避免風吹雨打的氣象逆境，可提供相對穩定的生產環境。但溫室內缺乏授粉昆蟲，需採行協助授粉的配套措施，例如引入授粉蜜蜂，若於短日照時期栽培，必須利用光照處理以調節植株開花時間。但是這種類型的溫室為半封閉式，還是有部分病蟲害侵入之可能，因此栽培管理上仍需注意設施內的病蟲害防治。

圖 9、設施下百香果著果情形 (拍攝日期：107 年 5 月 16 日)

參考文獻

1. 朱佳仁、藍廷維、蔡仁凱 . 2018. 溫室內作物對風力通風影響之數值模擬 . 產業現況及研究發展國際設施研討會論文專刊 . p9-16 行政院農業委員會農業試驗所 . 台中 . 353pp.

2. 張清安 . 2015. 臺灣百香果病毒病研究與防治之回顧 . 2015. 2015 年海峽兩岸植物病理學學術研究專刊 . p111-122. 中華民國植物病理學會、國立中興大學植物病理學系編印 . 台中 . 256 pp.

3. 黃國祥、陳俊仁、李易樺 . 溫室設計圖面建構與數值模擬分析應用 . 產業現況及研究發展國際設施研討會論文專刊 . p25-30 行政院農業委員會農業試驗所 . 台中 . 353pp.

4. 黃禮棟、姚銘輝、鄭皓文 . 2018. 開頂溫室控制系統及微霧降溫技術研究 . 產業現況及研究發展國際設施研討會論文專刊 . p91-97. 行政院農業委員會農業試驗所 . 台中 . 353pp.

5. 鄭櫻慧、陳金枝、鄧汀欽 . 百香果雙生病毒發生現況 . 臺灣新浮現之重要作物病害及其防治研討會專刊 . p99-106. 行政院農業委員會農業試驗所 . 台中 . 199pp.

6. Das, M. R., T. Hossain, B. M. A. Mia, J. U. Ahmed, S. A. J. M. Karim, and M. M. Hossain. 2013. Fruit Setting Behaviour of Passion Fruit. American Journal of Plant Sciences 4:1066-1073

7. Kishore, K., K.A. Pathak, R. Shukla, and R. Bharali. 2010. Studies on floral biology of passion fruit (*Passiflora spp.*). Pakistan Journal of Botany 42: 21-29.

8. Nave, N., E. Katz, N. Chayut, S. Gazit, and A. Samach. 2010. Flower development in the passion fruit *Passiflora edulis* requires a photoperiod-induced systemic graft-transmissible signal. Plant, Cell and Environment 33:2065-2083.